N° 38

ÉTUDE

SUR LES

EAUX SULFUREUSES

DES FUMADES

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue à l'École Supérieure de Pharmacie de Montpellier

Le 24 Juillet 1905

PAR

J. DELORME

PHARMACIEN DE PREMIÈRE CLASSE

Pour obtenir le Diplôme de Docteur de l'Université de Montpellier

(MENTION PHARMACIE)

ACAD. MONTPELLIER BIBL.

JURY { MM. JADIN, *Professeur*, *Président*.
FONZES-DIACON, *Professeur*.
GAUCHER, *Agrégé*.

MONTPELLIER
IMPRIMERIE Gust. FIRMIN, MONTANE ET SICARDI
Rue Ferdinand-Fabre et Quai du Verdanson

1905

Ecole Supérieure de Pharmacie de Montpellier

Professeurs

MM.

G. MASSOL (I. P. ✿), directeur.	*Physique.*
L. COURCHET (I. P. ✿)	Histoire naturelle des médicaments Botanique
C. ASTRE (I. P. ✿)	*Chimie générale.*
PLANCHON (I. P. ✿)	*Matière médicale.*
JADIN (I. P. ✿)	*Pharmacie.*
IMBERT (I. P. ✿)	Chimie analytique et Toxicologie.
FONZES-DIACON (I. P. ✿)	*Chimie minérale.*

Cours complémentaires et auxiliaires

MM.

ASTRUC, chargé de cours	*Minéralogie et Hydrologie.*
GAUCHER (A. ✿), chargé de cours.	*Botanique cryptogamique.*
ASTRUC, chargé de cours	*Pharmacie galénique*
TARBOURIECH (A. ✿), chargé de c.	*Analyse qualitative.*

Agrégés

MM. GAUCHER (A. ✿).
ASTRUC.
TARBOURIECH (A. ✿).

Secrétaire : IZARD (I. P. ✿).

NOTA. — L'École de Pharmacie n'accepte la responsabilité d'aucune des opinions émises par les Candidats dans les Thèses ou Synthèses qui lui sont présentées.

A MA FEMME

A MES FILS

MAURICE ET ROGER

A TOUS LES MIENS

A MES AMIS

J. DELORME.

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR JADIN

A MESSIEURS LES PROFESSEURS AGRÉGÉS

GAUCHER ET ASTRUC

Hommage de ma profonde reconnaissance.

J. DELORME.

AVANT-PROPOS

Avant d'aborder le sujet qui fait l'objet de cette étude, qu'il me soit permis d'adresser tous mes remerciements à mon président de thèse, M. le professeur Jadin. C'est grâce à ses bons conseils que j'ai entrepris un travail aussi délicat.

Que M. le professeur agrégé Gaucher reçoive ici l'expression de ma vive gratitude et de mon respectueux attachement. Je n'oublierai pas que c'est lui qui a dirigé mes premiers pas dans cette science si difficile, la bactériologie, et qu'en me témoignant toujours le plus grand intérêt, il n'a cessé, en même temps, de me prodiguer les marques de sa sincère et bonne amitié.

Je me souviendrai toujours aussi de l'accueil amical et du bienveillant appui que j'ai trouvés auprès de M. le professeur agrégé Astruc. Grâce à ses savantes indications et à son inlassable sollicitude, j'ai pu surmonter bien des difficultés rencontrées dans la partie chimique de cette étude et mener à bonne fin les recherches entreprises.

Mes remerciements vont aussi à M. le professeur Fonzes-

Diacon, dont les conseils et les encouragements m'ont été si précieux pendant la durée de mes études pharmaceutiques.

Que ces maîtres éminents, à qui revient tout le mérite de ce modeste travail, reçoivent ici l'hommage de toute ma reconnaissance et de mon plus profond dévouement.

INTRODUCTION

Les eaux sulfureuses entrent pour une large part dans l'ensemble de la richesse hydrominérale de la France. D'après Fontan, on les a divisées en *eaux sulfureuses naturelles* et en *eaux sulfurées accidentelles*. Les premières sourdent de terrains primitifs, elles sont généralement thermales et peu minéralisées. Elles prennent naissance au centre des massifs montagneux et constituent une famille naturelle parfaitement définie. Les secondes appartiennent aux terrains secondaires ou tertiaires. On les rencontre le plus souvent dans la plaine, elles sont froides et salines, de minéralisation bien supérieure aux premières ; leur composition est en rapport avec la constitution des terrains d'où elles dérivent. La réaction sulfureuse se fait généralement à peu de profondeur. L'agent réducteur qui lui donne naissance peut être variable : dans la plupart des cas, c'est une matière bitumineuse, quelquefois ce sont des dépôts tourbeux ou chargés de matières organiques imprégnant les assises (notamment les couches du lias) traversées par les sources séléniteuses avant d'arriver à la surface du sol.

Les *eaux sulfureuses des Fumades* sont classées parmi les *eaux sulfurées calciques accidentelles*. Est-ce bien

là leur place ? C'est ce que nous examinerons au cours de nos recherches, et nous verrons qu'il y a à ce sujet un certain nombre de points intéressants à signaler.

Notre travail se divise en trois parties :

PREMIÈRE PARTIE. *Chapitre Premier.* — Situation géographique et géologique des Fumades.

Chapitre II. — Historique.

Chapitre III. — Considérations sur les sources étudiées.

DEUXIÈME PARTIE. *Chapitre Premier.* — Caractères physiques.

Chapitre II. — Analyse chimique.

TROISIÈME PARTIE. *Chapitre Premier.* — Analyse bactériologique.

Conclusions.

ÉTUDE

SUR

LES EAUX SULFUREUSES

DES FUMADES

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE DES " FUMADES "

La station sulfureuse *Les Fumades*, est située dans le département du Gard, arrondissement d'Alais, commune d'Allègre (1).

Cette commune, qui fait partie du canton de Saint-Ambroix, se compose de six localités différentes :

---

(1) Les Fumades sont situées à 15 kilomètres d'Alais, on y arrive par le chemin de fer d'Alais à Bessèges, on s'arrête à St-Julien-de-Cassagnas.

1° Le hameau d'Allègre ;
2° — d'Auzon ;
3° — de Boisson ;
4° — d'Arlinde ;
5° — de La Bégude ;
6° — des Fumades, ce dernier dominant les sources de ce nom situées à moins d'un kilomètre.

Plus exactement ces sources se trouvent « sur le tiers occidental de la base d'un triangle formé par les trois hameaux des Fumades, d'Auzon et d'Arlinde, à 130 mètres environ d'altitude moyenne. » (1)

« L'Etablissement des bains est même au couchant d'un massif montagneux appelé *Costo caoudo* (côte chaude). Il est protégé contre la violence du vent du Nord et contre l'humidité du vent d'Est, par deux chaînes de collines, qui courent du Nord au Sud et forment une vallée de 11 kilomètres de long sur 2 de large. Dans cette vallée, coule du sud au nord une petite rivière appelée l'*Alauzène*. Ce cours d'eau, qui baigne le pied de l'Etablissement, y entretient en été une verdure charmante et des ombrages toujours frais (2). »

Des différentes études géologiques faites sur la région des *Fumades*, il résulte que le sol a participé autrefois à la formation du lit d'un immense lac d'eau douce.

Sa composition est donc en grande partie d'origine lacustre et appartient au *terrain néocomien* supérieur dont les couches constituent pour la plupart des auteurs l'*étage urgonien*.

---

(1) *Comptes rendus de la Société scientifique et littéraire d'Alais. Rapport Charvet,* année 1872, t. IV et X.

(2) Béchamp. — *Montpellier médical*, 1868, t. XXI, p 123.

Cette formation néocomienne occupe une vaste surface dans le département du Gard et elle n'est guère interrompue, d'après Torcapel (1), que « par quelques pointements jurassiques supérieurs du groupe crétacé et par des dépôts tertiaires. Ses assises puissantes occupent la plus grande partie d'un polygone dont les sommets seraient les villes de Privas, Alais, Ganges, Montpellier et Avignon. Il constitue ainsi, entre le jurassique des Cévennes et le Rhône, une bande irrégulière dont la longueur est de 120 kilomètres, et dont la largeur atteint entre Alais et Avignon, environ 60 kilomètres. »

L'étage *urgonien* qui nous occupe a été divisé en trois zones bien distinctes.

A la base est une zone calcaire, à silex, à Lumachelles, à Criocères (*urgonien inférieur* ou *cruasien*) (2), à laquelle succède une zone marneuse et à calcaire marneux (*urgonien moyen* ou *barutelien*) (3), supportant une troisième zone calcaire à Chames (*urgonien supérieur* ou *donzérien*) (4).

En réalité, la roche qui domine, dans la formation du sol des Fumades, fait partie de la *zone moyenne* (*zone calcaire et à calcaire marneux*), présentant trois assises ayant chacune un cachet spécial dans leur mode de dépôt, comme dans leur nature minéralogique et dans les débris organiques qu'elles renferment. Ces trois assises constituent pour E. Dumas (5), trois formations lacustres : *jaune*, *blanche* et *rouge*, pour lesquelles il a adopté les dénominations d'*uzégien*, de *sextien* et d'*alai-*

---

(1) Torcapel. — *L'Urgonien du Languedoc*. R. S. Nat. 3e série, t. II, n° 1, p. 91.

(2) *De Cruas* (*Ardèche*).

(3) *De Barutel* (*Gard*).

(4) *De Donzère* (*près Viviers*).

(5) E. Dumas. — *Statistique géologique du Gard*, t. III, 1860.

sien, par analogie avec les roches qui forment respectivement les sols d'Uzès, d'Aix et d'Alais.

L'époque lacustre a donc laissé son empreinte dans le domaine des *Fumades*. On y rencontrera des marnes argileuses, du grès, des poudingues à éléments volumineux, parfois bréchiformes, particulièrement développés dans les environs d'Alais et de Saint-Ambroix, des marnes, des argiles, des gypses, des lignites et calcaires, équivalents des calcaires à gypses d'Aix et de ceux des environs d'Apt (aptien), des argiles rutilantes et des calcaires à pisolites bien développés dans le pays d'Uzès (1). Parmi les fossiles qu'on y rencontre, nous citerons des Cyclostomes, des Planorbes, en particulier le Pl. Leymeriei, qui a servi à fixer l'âge d'une partie de la base du système lacustre, des Cyrènes, des Mélanoïdes, des Doliostrobes, des Limnées, dont la variété, L. Longiscata, constitue le principal type. Notons encore la présence d'insectes, de poissons et de mollusques (2).

(1) Parran. — *B. Soc. géol. de France*, 3e série, t. XII, p. 131.

(2) Fabre. — *B. Science carte géol. de France*, t. VI, p. 83, 1893-94.

CHAPITRE II

HISTORIQUE

Les eaux sulfureuses dites *des Fumades* (1) ou *font pudente* (fontaine puante), sont connues depuis de longs siècles, ainsi que l'indiquent des travaux publiés par Germer-Durand (1866), Béchamp (1868) et Charvet (1872-1879).

Les débris archéologiques qu'on y rencontre, de même que des médailles trouvées dans une antique piscine, attestent que les Romains fréquentaient la station. A ce sujet, dans une notice communiquée à l'Académie du Gard, le 20 février 1866, Germer-Durand s'exprimait ainsi : « L'usage antique de jeter des pièces de monnaie en offrande, dans les lacs et les fontaines était, comme on sait, très répandu chez les Gaulois, en s'appuyant sur le témoignage de César, de Diodore de Sicile et de Strabon. Il nous paraît certain que cet usage n'était point particulier à la Gaule, et que les choses ont dû se pas-

---

(1) Ce nom est écrit *Fumades* sur la carte du Diocèse d'Uzès, publiée par H. Gauthier et J.-B. Nolin.

Anciennement on appelait *Fumades*, des espaces de terrain clos où l'on parquait les troupeaux durant la nuit. Ce nom de *Fumades* nous paraît plutôt avoir été donné à cette station à cause des vapeurs sulfureuses, toujours très abondantes dans l'atmosphère.

ser comme ailleurs dans ce coin retiré des Cévennes où coulent les sources sulfureuses. »

La présence de ces pièces (1) dans la piscine *des Fumades* permet de conclure que ces eaux utilisées déjà vers l'an 724

(1) Germer Durand décrit les trois pièces suivantes :

La première est une coloniale impériale de Nimes, du premier type :

IMP. DIVI. F. Têtes jeunes et adossées d'Octave à droite et d'Agrippe à gauche ; l'une nue, l'autre avec la couronne rostrale.

R. col. nem. Crocodile à droite. Dans le champ une tige de palmier ornée de bandelettes ; deux rejetons partant à droite et à gauche de la tige.

D'après M. de La Saussaye, les coloniales impériales du premier type ont été frappées entre les années 724 et 726 de Rome.

La seconde pièce est du règne de Néron (54-68 après J.-C).

IMP. NERO CÆSAR AVG. P. MAX TR. POT. P. P. Tête laurée de Néron à droite.

R s. c. Victoire ailée passant à gauche, portant un bouclier où est écrit S. P. Q. R..

La troisième pièce est de la première année de l'usurpateur Magnus Clemens Maximus, proclamé empereur en 383 et que Théodose fit décapiter près d'Aquilée, le 28 juillet 388.

D. N. MAG. MAXIMUS. P. F. AVG. Tête diadémée de Maxime, à droite, avec la paladumentum.

R. REPARATIO. REIPVB. L'Empereur, en habit militaire, debout, à gauche, tenant de la main gauche un globe surmonté d'une Victoire et relevant de la droite une femme tombée à genoux.

Des fouilles archéologiques exécutées par la Société scientifique et littéraire d'Alais en 1869 70 et relatée dans le rapport Charvet, 1872, t. IV, ont enrichi la collection d'autres pièces, dont trois en argent :

La première est de Trajan (98-117 de J.-C.) ;

La deuxième est de Caracalla (204-209 de J.-C.) ;

La troisième est une monnaie coloniale d'argent d'Emphoriœ (Ampurias) dans la Tarragonaise.

de Rome (30 avant Jésus-Christ), ont continué de l'être jusqu'en 383 et sans doute encore au-delà (1).

Cliché H. Gibert, Avignon.

NYMP. QUININA MAXIMI. F. V. S. L. M.

Nymphis, Quintina, Maximi filia, votum solvit libeus merito

Aux Nymphes, Quintina, fille de Maximus, avec reconnaissance en accomplissement de son vœu (rapport Charvet).

Deux en bronzes :

Une coloniale impériale de Nimes ;

Une pièce en bronze de l'empereur Claude ; cette dernière trouvée aux environs d'Auzon.

(1) Béchamp. — *Montpellier médical*, 1868.

Des fouilles effectuées à différentes époques ont permis en outre de mettre à jour un puits antique renfermant vingt-quatre petits monuments, sortes d'ex-voto, élevés aux nymphes par les malades reconnaissants, guéris par les eaux sulfureuses. Nous reproduisons ici trois des bas-reliefs, dont l'un avec inscription accuse une époque très reculée.

Citons aussi la découverte de nombreux objets en bronze, des débris de verre et de poterie ; de sarcophages prouvant l'existence entre les *Fumades* et Cals d'un champ de sépulture gallo-romain ; de fragments de mosaïques grossières ; un seau en bois blanc, d'origine romaine, avec les trois cercles en fer et les agrafes complètement rongés par l'hydrogène sulfuré ; une coupe en poterie non vernissée, etc.

Cliché H. Gibert, Avignon.

Rappelons en passant l'existence de ruines de l'ancien *castrum* d'Allègre, qui commandait la contrée au moyen-âge ;

son enceinte de 400 mètres enferme les vestiges d'un ancien château seigneurial et les restes d'édifices religieux qui remontent à l'époque carlovingienne (1).

Délaissées pendant de longs siècles, les eaux sulfureuses qui obtinrent les faveurs de nos ancêtres gallo-romains, recommencent à être visitées par les malades vers 1855.

Les travaux publiés à partir de cette époque nous appren-

nent que nombreuses sont les sources qui graduellement ont alimenté la station des Fumades.

A quelques-unes disparues depuis, d'autres ont succédé et assurent à l'Etablissement le débit exigé pour l'exploitation.

Voici, par rang d'ancienneté les noms des principales sources que l'on a observées : *Font-Pudente* ou *Roussel*, *Delbosc supérieure*, *Delbosc inférieure*, *Augustine*, *Thérèse*, *Etienne*,

(1) Rapport Charvet, *loc. cit.*

Zoé, *Près-la-Maison*, *Claudine*, *Pierre*, *Roustant*, *Julia*, *Romaine*, *Victorine* et *Jean*. Plusieurs de ces sources ont été l'objet de recherches diverses. Despeyroux et Roch, les premiers, font une analyse sommaire de la source *Roussel* ou *Font-Pudente*, aujourd'hui tarie (1).

Ossian Henry s'occupe des sources *Delbosc* (2), disparues depuis comme la source *Roussel*.

---

(1) Voici les résultats de cette analyse :

1000 grammes d'eau	=	0 gr. 075 H^2S
Résidu des 1.000 grammes évaporées	=	3 gr. 04
100 grammes de résidu donnent :		
Sulfate de chaux	=	64 gr. 2
Carbonate de chaux	=	17 gr. 5
Sulfate de magnésie Chlorure de magnésium Chlorure de sodium	=	15 gr. 6
Matières bitumineuses organiques Perte	=	2 gr. 7
		100 gr. 00

(2) Ossian Henry donne pour les sources Delbosc :

	Delbosc supérieure	Delbosc inférieure
Hydrogène sulfuré libre	0,023	0,020
Azote, acide carbonique libre	indéterminés	indéterminés
Sulfure de calcium	0,129	0,010
Sulfure de sodium et de magnésium	peu	non évalué
Sulfate anhydre de chaux	1,585	0,800
Sulfate anhydre de soude et de magnésie	0,330	0,440
Bicarbonate de chaux et de magnésie	0,530	0,525
Chlorures alcalins	0,040	0,050
Acide silicique Alumine Oxyde ou sulfure de fer Phosphate Hyposulfite Matière organique et perte	0,054	0,050
	2,678	1,975

Dans ses rapports à l'Académie des sciences et dans le *Montpellier médical* (1866-1868), Béchamp publie des articles très intéressants et très documentés sur les sources *Thérèse*, *Etienne* et *Augustine*. Les analyses qu'il donne sont plus complètes que les précédentes. En voici les résultats :

	Thérèse	Etienne	Augustine
Azote	13 cc.	18 cc.	16 cc.
Acide carbonique libre . . .	»	0,0359	0,2761
Hydrogène sulfuré	0,0415	0,0973	0,0749
Bicarbonate de magnésie . .	0,4883	0,5472	0,2304
Sulfate de chaux	2,1722	1,7838	1,2201
— de potasse.	0,0019	0,0030	0,0092
— d'alumine.	0,0173	0,0213	0,0262
— de glucine.	traces	traces	traces
— de soude	0,0140	0,0226	0,0881
— d'ammoniaque. . . .	traces	traces	traces
Hyposulfite de soude	0,0143	0,0084	0,0054
— de protoxyde de fer	0,0014	0,0028	0,0043
— de manganèse . .	traces	traces	traces
— de cuivre.	traces	traces	traces
Chlorure de sodium.	0,0074	0,0063	0,0155
Acide silicique	0,0337	0,0460	0,0617
Matière organiq bitumineuse	indéterminée	indéterminée	indéterminée
Sommes des composés fixes.	2,7505	2,4414	1,6609

Plus tard, Jacquot et Willm (1894), commentant les travaux de Béchamp, font ressortir l'excellente qualité des sources étudiées. Ils donnent ensuite l'analyse des quatre sources

Pierre, *Julia*, *Roustant* et *Romaine*, réunies autrefois sous le sous le nom de Font-Belle. (1)

Dans son étude sur les *Eaux sulfhydriquées des Fumades*, « *L'Allevard du Midi* » (1899) le docteur Gibert donne un travail très succinct sur les sources *Etienne*, *Thérèse* et *Romaine*, cette dernière étant de toutes les sources la plus employée de la station.

De ces analyses diverses, il ressort que la production d'hydrogène sulfuré varie dans de notables proportions d'une source à l'autre ; on observe toute une série de sulfuration, d'une incontestable utilité dans l'application médicale.

Autrefois, la station des *Fumades* comprenait deux établissements : l'un était la propriété de la *Compagnie générale des Eaux minérales et des bains de mer* ; l'autre appartenait à M. Roustant dont une source découverte par lui porte encore le nom.

Le tout est actuellement la propriété de M. Blanc (2) et comprend onze sources : *Augustine*, *Thérèse*, *Etienne*, *Zoé*, *Pier-*

---

(1) Analyse des *Eaux de Font-Belle*.

	Pierre	Romaine	Julia	Roustant
Acide sulfhydrique.	»	0,025	0,026	0,027
Carbonate de calcium . . .	0,050	0,336	0,224	0,220
— de magnésium. .	0,317	0,099	0,097	0,112
Sulfate de calcium	1,700	1,070	1,120	1,042
— de magnésium . . .	»	0,542	0,538	0,522
Sulfure de calcium.	»	»	»	»
Chlorure de sodium	»	»	»	»
Matières non dosées et pertes.	»	0,485	0,361	0,304
	2,125	2,536	2,340	2,200

(2) Nous lui adressons, ici, tous nos remerciements pour les obligeants services qu'il nous a rendus pendant l'exécution de ce travail.

re, *Roustant*, *Julia*, *Romaine*, *Victorine*, *Jean* et une innomée.

Dans nos recherches, nous nous sommes limité aux quelques sources le plus communément employées. Nous avons refait, par conséquent, l'analyse de certaines eaux étudiées précédemment. Comme on le verra plus loin, les résultats trouvés diffèrent sensiblement des premières analyses surtout au point de vue qui nous intéresse le plus : *la sulfuration*.

Quoique la source *Julia* soit assez souvent employée, nous avons dû renoncer à l'analyser parce que, située sous le château d'eau elle est constamment souillée par le trop plein des sources qui alimentent les salles de bains.

Nous nous sommes aussi demandé si certaines sources non exploitées encore pourraient être utilisées et nous avons fait des recherches sur l'une d'entre elles, la source *Jean* qui est la dernière découverte.

CHAPITRE III

CONSIDÉRATIONS SUR LES SOURCES ÉTUDIÉES

Les sources étudiées dans ce travail sont au nombre de six : *Romaine*, *Pierre*, *Jean*, *Etienne*, *Thérèse* et *Zoé*. Elles émergent à divers endroits d'un sol schistoïde et bitumineux, riche en sulfate de chaux, lequel constitue le principe minéralisateur fondamental.

Nous donnons ici un croquis schématique représentant, approximativement, la position qu'elles occupent les unes par rapport aux autres.

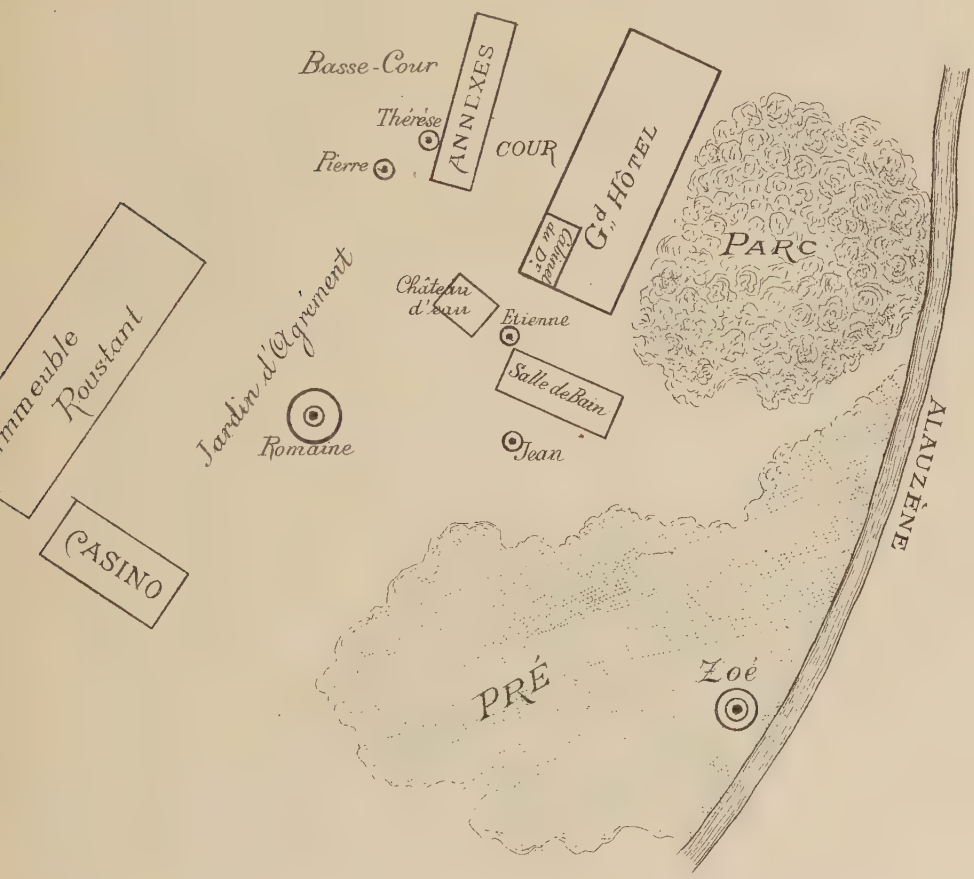
Nous nous étendrons suffisamment plus loin sur les différences de composition de ces sources multiples ; quant à leur volume et débit, si nous nous en rapportons aux articles de Béchamp, nous devons penser qu'il a dû être plus considérable autrefois qu'il ne l'est aujourd'hui. Ainsi la source *Thérèse* qui déverse très peu maintenant, formait jadis sur un parcours de trois cents mètres, un véritable ruisseau qui aboutissait à l'*Alauzène* (1).

Notons, cependant, que l'eau des puits ne subit pas l'influence des saisons et qu'aussi bien en été qu'en hiver, pen-

(1) Béchamp évaluait ce débit à 400.000 litres par 24 heures.

dant la sécheresse ou l'époque pluviale, le niveau d'eau de chacune reste sensiblement à la même hauteur.

La source *Romaine* considérée comme la plus importante de l'Etablissement est située vers le milieu du jardin d'agré-



ment en face l'ancien immeuble Roustant. On arrive au puits soit par un orifice pratiqué au-dessus, soit par une canalisation voûtée où passent trois conduits en plomb amenant l'eau

à l'établissement des bains. L'eau est à 2 mètres 25 environ au-dessous du niveau du sol ; elle dégage une forte odeur sulfureuse ; à la surface, on remarque une pellicule blanchâtre, constituée par du soufre, provenant de la décomposition de l'hydrogène sulfuré, avec quelques grosses taches d'apparence huileuse et considérées comme étant de l'*huile de naphte* par les gens du pays (1).

---

(1) On procède en ce moment à des sondages dans les environs des Fumades pour rechercher des gisements de pétrole.

Il existait autrefois une source, maintenant comblée, que De Gensanne mentionne en ces termes dans une note parue en 1776 :

« On trouve dit-il au lieu de la Bégude, près Auzon (*Les Fumades*), une forte source bitumineuse qui jette beaucoup d'huile de pétrole ou plutôt de bitume liquide ; on le ramasse à fleur d'eau avec des écumoirs ou autres ustensiles. Cette huile provient de plusieurs bancs d'asphalte ou sable bitumineux qui traversent le coteau qui est au-dessus de la source. Les eaux pluviales ou autres qui traversent ces bancs sablonneux, délayent le bitume dont ils sont imprégnés et le charrient à la source, où il est ramassé comme nous avons dit. »

Bien avant, en 1736, Boissier de Sauvages, professeur à la Faculté de Montpellier, écrivait : « Auprès de la verrerie*, en deçà d'Auzon, à deux lieues d'Alais, on trouve *la Fontaine puante*, ainsi dite à cause de l'odeur sulfureuse qu'elle répand au loin. Cette eau transparente, fraîche, coulant d'un grand et large bassin, il s'élève, tous les matins sur cette eau une espèce d'écume blanchâtre qui s'épaissit et durcit comme du soufre ordinaire. Aussi en est-ce un véritable. On s'en sert à Auzon pour les mêmes usages, pour allumer le feu, pour guérir les maladies cutanées des troupeaux. Les habitants du pays ont commencé il y a quelques années à boire de ces eaux en été et pour les mêmes maladies qu'on emploie celles d'Hyeuzet (Euzet). »

* N'existe plus aujourd'hui.

Une pompe à bras permet aux baigneurs d'user de cette eau à volonté. Le puits est recouvert par une rocaille qui n'est pas dépourvue d'une certaine originalité ; des fragments de pierre sculptées, des vestiges de constructions romaines en font le principal ornement.

Dans la direction de la *Romaine*, mais plus près de l'établissement central, entre le Château-d'Eau et la salle des bains, se trouve la source *Etienne*. Cette eau présente les mêmes caractères que la source *Romaine*. Elle est située au même niveau, elle dégage comme elle une forte odeur d'hydrogène sulfuré et sa surface est irrisée d'une pellicule blanchâtre interrompue par des taches huileuses.

Les eaux de la source *Pierre* sont situées au nord de la propriété. Elles sont à quatre mètres environ au-dessous du niveau du sol. A l'approche du puits on est surpris par la forte odeur sulfureuse qui s'en dégage, surpassant de beaucoup celle des autres sources étudiées. Elles présentent aussi à leur surface les mêmes taches blanchâtres et huileuses. Elles sont amenées au Château-d'Eau par une double conduite en plomb, protégée par une canalisation en maçonnerie.

Dans la basse-cour, plus au nord et à vingt mètres de la source *Pierre* est située la source *Thérèse*, dont le niveau de l'eau est sensiblement le même. L'odeur sulfureuse est peu prononcée, le soufre est très rare à la surface et on n'y trouve pas les taches huileuses recontrées dans les sources déjà citées. Cette source sert seulement à alimenter les baignoires quand les autres sont insuffisantes.

La source *Jean*, située vers l'angle sud-est de la propriété, a ses eaux à deux mètres cinquante au-dessous du niveau du sol. Elle est située à soixante-dix mètres environ de la source *Romaine* et à trente-cinq de la source *Etienne*. L'odeur qui s'en dégage est fortement sulfureuse. Depuis vingt ans qu'elle

est découverte, cette source n'a jamais été utilisée pour le service de l'établissement. Plus loin, dans la même direction et à cinquante mètres au moins est la source *Zoé*. C'est une eau jaillissante, d'un débit considérable, de sulfuration faible. Sur le parcours de l'eau, les pierres sont blanches, d'aspect savonneux et sont recouvertes d'abondantes touffes d'algues que nous n'avons pas observées dans les puits des autres sources. Nous reviendrons plus loin sur cette particularité.

Parmi les sources que nous venons de décrire et dont nous allons faire l'analyse, il en est deux qui méritent d'ores et déjà une mention spéciale au point de vue de leur mode d'emploi : la source *Romaine* et la source *Zoé*. La première est considérée dans la station comme la plus importante au point de vue médical, on l'utilise à l'extérieur et à l'intérieur en usage modéré surveillé par le médecin. La seconde est employée seulement pour l'usage interne, à doses plus élevées que la précédente, on la boit même couramment à table. Nous verrons que les recherches auxquelles nous nous sommes livré et dont nous avons donné déjà quelques résultats avec M. Astruc (1), justifient pleinement ce mode d'emploi comme le justifient aussi les recherches bactériologiques consignées dans la troisième partie de ce travail.

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 1902.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

CARACTERES PHYSIQUES

Prises à la source, les eaux des *Fumades* sont complètement incolores et d'une transparence parfaite. Au toucher, elles sont onctueuses, ce qui tient évidemment à leur richesse en *matière organique*. Recueillies dans un vase en verre et exposées à l'air, elles ne tardent pas à se troubler et passent successivement du louche à l'aspect lactescent pour redevenir claires ensuite, par formation au fond du récipient d'un dépôt de soufre blanc jaunâtre.

Dans les puits elles paraissent grisâtres par la présence de sulfure de fer. Leur poids spécifique est notablement supérieur à celui de l'eau de rivière.

Ce sont des eaux froides, de température variable (8°5 pour *Thérèse*, à 13° pour *Zoé*) ; l'odeur franchement sulfureuse est tellement forte qu'elle se perçoit à distance les jours de vent : elles noircissent promptement les couverts, les pièces d'argent et attaquent énergiquement tout ce qui est métallique (armatures des portes, fenêtres, tuyautages, tables en fer,

etc.). Leur saveur très prononcée, est celle qui distingue toutes les eaux sulfureuses avec un arrière-goût d'amertume en plus. Suivant les époques de l'année, en été en particulier, elles présentent à leur surface un dégagement de bulles gazeuses constituées par de l'hydrogène sulfuré mêlé d'azote et d'acide carbonique (1).

---

(1) *Les eaux des Fumades* se conservent très bien en bouteilles ce qui permet leur expédition au dehors. Il faut pour cela qu'elles soient pleines, bien et rapidement bouchées. Dans ces conditions l'hydrogène sulfuré ne diminue pas ; nous nous en sommes assurés en titrant, de trois mois en trois mois, des bouteilles d'eaux remplies après avoir préalablement pris le degré sulfhydrométrique à la source.

CHAPITRE II

ANALYSE CHIMIQUE

I. Essais préliminaires. — Avant d'aborder l'analyse quantitative, nous avons recherché pour chaque source, soit sur place, soit au laboratoire, les éléments constitutifs de ces eaux.

Nous croyons inutile d'indiquer les réactions employées et les méthodes suivies qui sont celles données par tous les traités d'analyse qualitative. Qu'il nous suffise de citer les éléments trouvés et dont les modes de dosages seront développés pour chacun, en particulier, dans le paragraphe suivant :

Ces éléments sont : *l'hydrogène sulfuré, des hyposulfites ; les acides sulfurique, carbonique, azotique et phosphorique, le chlore, la silice, le fer, l'alumine, le manganèse, la chaux, la magnésie, le lithium, la potasse et la soude.*

II. Analyse quantitative. — Cette analyse a été faite sur des échantillons d'eaux prélevés le 23 janvier 1905. Température de l'air, 6°.

Dosage de la totalité des éléments à 180°. — 1000 cc. d'eau sont évaporés directement au bain-marie, dans une capsule de porcelaine, en prenant les précautions habituelles pour

éviter que l'eau ne soit souillée par les poussières de l'air. La fin de l'évaporation s'effectue dans une capsule en platine. Le résidu fixe est chauffé à 180° dans une étuve de Wiesnegg, jusqu'à ce que son poids reste invariable.

Cette opération, recommencée plusieurs fois, a toujours donné des chiffres identiques, à quatre ou cinq milligrammes près, pour chaque source. Comme résultat nous avons pris le poids moyen *P*.

Dosage des éléments fixes. — Ce résidu est ensuite porté au rouge sombre. Après calcination complète, nous laissons refroidir et pesons. Nous avons ainsi le poids du résidu au rouge *p*.

Perte au rouge. — Par différence avec la totalité des éléments à 180° ci-dessus, nous avons la perte au rouge P-p, qui représente, pour la majeure partie, les matières de nature organique et aussi la perte subie par la décomposition possible de certains sels.

Dosage du chlore. — L'analyse qualitative ayant indiqué l'absence du brome et de l'iode, nous avons opéré de la façon suivante sur 1000 cc. d'eau :

Après avoir acidulé par AzO^3H, nous avons porté à l'ébullition pour décomposer tout l'hydrogène sulfuré (qui donnerait avec AzO^3Ag un précipité de sulfure d'argent noir) jusqu'à disparition d'odeur sulfureuse. Nous ajoutons alors un excès d'azotate d'argent et maintenons à l'ébullition jusqu'à ce que le précipité soit bien rassemblé au fond du vase. Nous avons filtré et lavé jusqu'à ce que les eaux de lavage ne précipitent plus par le chlorure de baryum. Après dessication à 100°, nous avons calciné et pesé le chlore à l'état de chlorure

d'argent. Soit Q cette quantité que nous transformons par le calcul en chlore correspondant.

Dosage de la silice. — 1000 cc. d'eau sont évaporés à siccité dans une capsule en platine, en présence d'acide chlorhydrique que nous ajouterons par deux ou trois fois à la fin de l'évaporation. Nous desséchons ensuite à 130° *pendant une heure*, après quoi nous ajoutons au résidu quelques gouttes d'acide chlorhydrique, de manière à former une masse demi-fluide et nous laissons reposer une heure. (Toutes ces précautions prises afin de mieux insolubiliser la silice). Cela fait, nous chauffons au bain-marie et ajoutons un peu d'eau chaude. Nous laissons reposer, nous filtrons la partie surnageante ; puis, nous recommençons de même en ajoutant de l'acide chlorhydrique, puis de l'eau chaude, etc., etc., et cela quatre ou cinq fois pour être absolument certain d'avoir bien dissous tous les sels métalliques, terreux et alcalins formés.

Le précipité est ensuite séché, calciné et les cendres pesées. Le poids représente *la silice* : SiO^2. .

Dosage du fer et de l'alumine. — Dans ce dosage nous n'effectuerons pas la séparation de ces deux éléments, qui ne se trouvent dans ces eaux qu'en très faible quantité.

La solution chlorhydrique de la précédente opération qui contient, comme nous l'avons dit, le fer, l'alumine, les sels terreux et alcalins, est chauffée dans une capsule en platine, au bain de sable. Nous ajoutons un filet d'acide nitrique pour peroxyder le fer et une fois que l'ébullition commence nous additionnons d'ammoniaque jusqu'à réaction alcaline. *Le fer et l'alumine* précipitent à l'état d'hydrate de peroxyde. Nous filtrons ensuite et nous assurons que le filtratum ne précipite

plus par l'ammoniaque (1). Nous séchons, calcinons et pesons. Ces diverses opérations nous donnent le poids du *fer* et de l'*alumine* : $Fe^2O^3 + Al^2O^3$.

Dosage de la chaux. — L'analyse qualitative nous ayant appris que seule la source *Thérèse* renfermait des traces très faibles de manganèse, nous doserons directement dans le filtratum de l'opération précédente la *chaux*, puis la *magnésie*.

Pour cela faire, nous précipitons la chaux à l'état d'oxalate par l'ammoniaque et l'oxalate d'ammoniaque. Nous laissons reposer 24 heures, filtrons et séchons à 100°. Le précipité est ensuite calciné *modérément* afin d'éviter la transformation du carbonate de chaux en chaux vive. Enfin, nous pesons le résidu constitué par du carbonate de chaux, dont nous déduisons, par le calcul, le poids de CaO correspondant.

Dosage de la magnésie. — La liqueur filtrée contenant la magnésie est évaporée. Les sels ammoniacaux sont chassés par calcination du résidu au rouge dans une capsule en platine, en opérant avec précaution pour éviter les projections. Nous humectons ensuite avec de l'acide chlorhydrique, évaporons au bain de sable, puis reprenons la masse par de l'eau chlorhydrique. Après nous être assuré qu'il n'y a plus de précipité par l'ammoniaque et l'oxalate d'ammoniaque, nous précipitons la magnésie par l'ammoniaque et le phosphate de soude (2), après avoir préalablement ajouté un peu de chlo-

---

(1) Nous ne nous occupons pas de *l'acide phosphorique* qui n'existe qu'à l'état de trace pour deux sources seulement : *Thérèse* et *Étienne*.

(2) Formation de phosphate ammoniaco-magnésien.

rure d'amomnium pour empêcher sa précipitation à l'état d'hydrate.

Recueilli sur un filtre, le précipité est lavé à l'eau ammoniacale (1 partie pour 5), séché à 100° et calciné.

La pesée nous donne le poids du pyrophosphate de magnésie formé, d'où l'on déduit la proportion de *magnésie* MgO.

Dosage des alcalis (*potasse et soude*) (1). — 1000 cc. d'eau légèrement acidulée par l'acide chlorhydrique sont évaporés. Nous en séparons la silice comme précédemment, puis le liquide filtré est précipité à chaud par une solution chaude de chlorure de baryum. Par filtration, nous séparons le sulfate de baryte. Le filtratum évaporé au bain-marie est repris par l'eau et chauffé avec un léger excès de lait de chaux pure. Nous filtrons et recommençons ainsi l'opération une ou deux fois ; nous précipitons ensuite par l'ammoniaque, le carbonate d'ammoniaque et peu à peu par l'oxalate d'ammoniaque (tout ceci pour nous débarrasser du fer, alumine, baryte, magnésie, etc.).

Une fois le précipité rassemblé au fond du vase, nous filtrons. Le filtratum est évaporé à siccité, après quoi, avec beaucoup de précautions pour ne pas volatiliser les chlorures alcalins, nous chassons les sels ammoniacaux par calcination au rouge.

Il reste les chlorures de potassium et de sodium qui sont pesés. Soit P ce poids.

$$P = KCl + NaCl$$

---

(1) *L'examen spectroscopique*, effectué dans le laboratoire de M. le professeur Massol, nous a permis de constater la présence du *lithium* dans toutes les sources excepté pour la *Zoé*.

Séparation de la potasse d'avec la soude. — Pour séparer ces deux chlorures nous les transformons en sels doubles par addition d'un excès de chlorure de platine. La solution évaporée jusqu'à siccité est reprise par l'alcool à 80°, qui dissout le chlorure de platine en excès et le chloroplatinate de soude formé. Nous recueillons le chloroplatinate de potasse sur un filtre que nous lavons bien avec le même alcool et que nous dissolvons ensuite avec de l'eau bouillante. Cette solution est évaporée, le résidu séché à 130°, puis calciné et pesé.

Le poids trouvé représente le chlorure double de platine et de potassium que nous transformons en chlorure de potassium.

Par différence avec le poids P, somme des chlorures trouvés, nous obtenons le chlorure de sodium :

$$NaCl = P - KCl$$

de ces deux chlorures nous déduisons la proportion de potasse et de soude (K^2O et Na^2O).

Remarque à propos du dosage des alcalis.— Nous croyons utile de rappeler ici que dans ses recherches Béchamp avait constaté la présence de l'ammoniaque dans les trois sources : *Thérèse*, *Etienne* et *Augustine*. Nous nous sommes donc spécialement attaché à la recherche de cet élément dans les six sources étudiées, mais nous n'avons pu le déceler dans aucune d'elles. Nous avons même employé un nouveau procédé de recherches d'une extrême sensibilité, publié récemment par MM. A. Trillat et Turchet (1). Il est basé sur la remarquable propriété que possède l'*iodure d'azote* naissant de commu-

(1) *B. Soc. chim. de Paris*, 20 mars 1905, t. 33, p. 304.

niquer à l'eau une coloration *noire* intense, dont la visibilité est encore appréciable à une dose de 1/500.000 d'ammoniaque. La sensibilité de cette réaction est expliquée par la grandeur du poids moléculaire des précipités. La réaction est extrêmement simple à faire. Il suffit pour cela d'additionner l'eau à analyser d'une solution d'iodure de potassium et d'y ajouter quelques gouttes d'une solution étendue d'hypochlorite alcalin.

L'iodure est décomposé par le chlore à l'état naissant et il se forme un produit intermédiaire, *un chlorure d'iode*, lequel est immédiatement décomposé par les plus petites traces d'ammoniaque.

Voici la formule de la réaction qui, pour être visible, doit être effectuée en milieu alcalin :

$$3Cl\,I + NH^3 + 3NaOH = 3\,NaCl + NI^3\,(1) + 3\,HO^2$$

Dosage de l'acide carbonique. 1° *Acide carbonique total :* Aux sources mêmes, nous remplissons d'eaux des flacons de un litre contenant un excès de chlorure de baryum ammoniacal. Nous ajoutons un léger excès de permanganate de potasse pour décomposer l'hydrogène sulfuré et les hyposulfites qui, dans la suite, fausseraient les résultats.

Ces flacons, bien bouchés, sont conservés au repos pendant plusieurs jours. Nous siphonons alors avec soin le liquide surnageant et filtrons le plus rapidement possible pour obtenir le précipité barytique. Dans ce précipité lavé avec de l'eau privée de CO^2 et additionné d'ammoniaque, desséché pendant une heure à 120°, nous dosons l'acide carbonique par perte à l'aide de l'appareil de Bunsen.

---

(1) Formule la plus généralement admise.

Nous avons ainsi le poids total *P de l'acide carbonique libre et combiné.*

2° *Acide carbonique combiné* : Nous évaporons à siccité 1000 cc. d'eau. Le résidu desséché à 120° pendant une heure est ensuite traité comme ci-dessus à l'appareil Bunsen.

La quantité de CO^2 trouvée représente l'acide carbonique provenant de la transformation des bicarbonates en sels neutres. Si l'on double cette quantité on obtient le poids de CO^2 existant dans l'eau à l'état de bicarbonate. Nous l'appellerons *p*.

3° *Acide carbonique libre* : La différence des deux poids ci-dessus, *P-p*, représente le poids de l'*acide carbonique libre ou dissous.*

Dosage du soufre total. — L'hydrogène sulfuré qui caractérise les *eaux des Fumades* étant constamment oxydé par l'oxygène de l'air, on ne saurait faire le dosage de l'acide sulfurique par la méthode ordinaire sans s'exposer à de graves erreurs. Pour éviter cet inconvénient, nous avons déterminé *la quantité totale du soufre*, aussi bien celle combinée à l'oxygène que celle combinée à l'hydrogène ou aux métaux, en faisant passer un courant de chlore, pendant une heure, dans un volume connu d'eau.

Les réactions suivantes se produisent :

Pour H^2S,

$$H^2S + 2Cl = 2HCl + S$$
$$S + 6Cl + 4H^2O = 6HCl + SO^4H^2$$
$$H^2S + 8Cl + 4H^2O = 8HCl + SO^4H^2$$

Pour $S^2O^3M^2$ (1),

$$S^2O^3M^2 + 8Cl + 5H^2O = 6HCl + 2MCl + 2SO^4H^2$$

(1) M représente un métal monovalent.

Nous avons ainsi tout le soufre à l'état d'*acide sulfurique*, que nous précipitons à l'ébullition par un excès de solution chaude de chlorure de baryum. Le précipité de sulfate de baryte, recueilli sur un filtre, est séché, calciné et pesé. De ce résultat, nous déduisons l'acide sulfurique correspondant au soufre total.

Dosages de l'hydrogène sulfuré, des sulfures et des hyposulfites. — L'analyse qualitative nous a déjà montré l'absence dans les *eaux des Fumades*, de l'hydrogène sulfuré à l'état combiné. Ce point essentiellement intéressant à constater mérite d'être mis nettement en lumière (1). Pour cela faire, nous

---

(1) Béchamp lui-même, qui s'intéressa à cette question, n'avait jamais pu déceler la moindre trace de sulfure dans ces eaux.

« On sait, dit-il : 1° que les dissolutions des sulfures alcalins produisent une belle coloration pourpre lorsqu'on y ajoute du nitroprussiate de soude ;

» 2° Qu'une dissolution étendue d'hydrogène sulfuré additionnée de nitroprussiate ne se colore pas ;

» 3° Et qu'il suffit d'ajouter un peu de potasse ou de soude à la dissolution d'hydrogène sulfuré pour que le réactif des sulfures détermine aussitôt la coloration pourpre caractéristique. »

Pour vérifier la sensibilité de cette réaction, Béchamp prépare une solution concentrée à froid de sulfure de calcium. Le nitroferrocyanure y développe *instantanément* la réaction caractéristique pourpre. Ensuite, à travers cette dissolution, il fait passer un courant d'acide carbonique pour saturer la chaux ; le nitroprussiate alors ne produira plus rien, si ce n'est, au bout de quelques secondes, une coloration bleue, due à la présence des carbonates ou bicarbonates terreux formés.

Poussant alors plus loin ses recherches, il ajoute à sa solution une goutte de potasse, puis le réactif. La coloration pourpre se

allons indiquer le mode opératoire suivi, en supposant dans ces eaux la présence d'hydrogène sulfuré, de sulfure et d'hyposulfites.

Il se divise en trois temps :

1° Dosage de l'hydrogène sulfuré des sulfures et des hyposulfites ;

2° Dosage des hyposulfites ;

3° Dosage des hyposulfites et des sulfures.

Pour plus d'exactitude, ces trois dosages ont été effectués aux sources mêmes.

Dosage de l'hydrogène sulfuré, des sulfures et des hyposulfites. — Un volume d'eau variant suivant le degré de sulfuration de la source (100 ou 500 cc.) est traité par une solution titrée d'iode avec comme réactif témoin : l'empois d'amidon.

Nous obtenons ainsi *la totalité de sulfuration Q* de l'eau d'après les équations suivantes :

$$a)\ H^2S + 2\ I = 2\ HI + S$$
$$b)\ SM^2 + 2\ I = 2\ IM + S$$
$$c)\ 2\ S^2O^3M^2 + 2\ I = S^4O^6M^2 + 2\ IM$$

2° *Dosage des hyposulfites.* — A un même volume d'eau pour chaque source, nous ajoutons un excès de poudre d'ar-

---

manifeste aussitôt parce que la potasse a formé avec l'hydrogène sulfuré dissous du sulfure de potassium.

Il ajoute que l'*Eau des Fumades* donne les mêmes réactions. Lorsqu'on y ajoute une dissolution étendue de nitroprussiate, il ne se manifeste d'abord aucune coloration, mais peu à peu une teinte violette apparaît, parce que ces eaux contiennent des bicarbonates alcalino-terreux ; et, si dans les mêmes conditions, on ajoute une goutte de potasse, la coloration pourpre apparaît aussitôt *.

* Béchamp, *C. R. de Acad. d. sc.*, t. 62, p. 1807, année 1866.

gent, très pur, nous agitons fortement dans un ballon jusqu'à complète disparition d'odeur sulfureuse ; de cette manière, nous précipitons à l'état de sulfure d'argent, l'hydrogène sulfuré et les sulfures. Nous filtrons et nous dosons les hyposulfites avec la solution titrée d'iode, soit *q cette quantité.*

3° *Dosage des hyposulfites et des sulfures.* — Ce dosage ne peut être effectué dans l'eau qu'après l'avoir complètement privée de l'hydrogène sulfuré qu'elle contient.

Dans ce but, nous faisons passer dans un même volume d'eau que précédemment un courant d'hydrogène purifié, d'abord dans une solution alcaline concentrée de MnO^4K et puis dans une lessive de potasse. Quand le gaz qui sort ne contient plus de trace d'acide sulfhydrique (lorsqu'il ne décolore plus une petite quantité de dissolution d'iodure d'amidon très faiblement bleuâtre), nous cessons le courant d'hydrogène, et dans l'eau minérale ainsi traitée, nous dosons de nouveau le soufre avec la même solution titrée d'iode et le même réactif témoin, *soit q' cette quantité.*

Et nous trouvons précisément

$$q' = q$$

Ceci nous prouve qu'*il a fallu la même quantité d'iode pour saturer le soufre et qu'il n'y a par conséquent pas de sulfures.* Tout l'iode a servi dans les deux cas à saturer les hyposulfites.

L'absence des sulfures est donc nettement établie.

Pour avoir l'hydrogène sulfuré libre nous retrancherons q de Q.

Hyposulfites = q

Hydrogène sulfuré = Q — q

et en nous rapportant aux équations (a) et (c) nous déduirons très simplement la proportion de ces divers composés sulfurés.

Calcul de l'acide sulfurique des sulfates. — Connaissant la quantité d'acide sulfurique correspondant au soufre total, pour avoir l'acide sulfurique des sulfates nous en retrancherons l'hydrogène sulfuré plus les hyposulfites transformés en acide sulfurique.

III. — Variation de l'hydrogène sulfuré. — Nous savons que la réaction qui donne naissance aux eaux sulfurées calciques est très souvent accidentelle. Il n'est pas rare, en effet, de rencontrer dans des stations minérales un griffon sulfureux qui brusquement se fait jour au milieu des sources sulfatées calciques franches.

Nous nous sommes demandé si dans les eaux des *Fumades* l'hydrogène sulfuré, qui varie d'une source à l'autre, sous des influences diverses, ne varierait pas périodiquement dans une même source.

Pour cela, nous avons effectué un deuxième dosage de l'hydrogène sulfuré, dans les mêmes conditions que la première fois, à cinq mois d'intervalle. Nous avons trouvé que loin d'être fixe pour chaque source, la teneur en gaz sulfhydrique varie au contraire, dans de notables proportions.

Ainsi du premier dosage du 23 janvier 1905, au second du 20 juin suivant, la source *Pierre* a monté de 0 gr. 0360 d'hydrogène sulfuré à 0 gr. 0602 par litre ; la source *Romaine* de 0 gr. 0216 à 0 gr. 0392 ; la source *Thérèse* de 0 gr. 00008 à 0 gr. 0173.

Au contraire la source *Jean* a baissé le 0 gr. 0254 à 0,0118;

la source *Etienne de* 0 gr. 0103 à 0 gr. 0067 ; mais je dois faire remarquer que cette diminution doit être attribuée à un violent orage, survenu quelques jours auparavant, dont les eaux sont venues souiller ces deux dernières sources insuffisamment protégées contre ce genre d'accidents. C'est donc dans de grandes limites que varie l'hydrogène sulfuré et il importe de faire remarquer que c'est précisément en été, pendant la saison des bains, qu'il atteint son maximum.

Ce fait prouve surabondamment que les eaux sulfureuses des *Fumades* sont variables. Il est donc de toute nécessité pour la Direction de l'établissement de suivre régulièrement par des dosages répétés, les variations successives de l'hydrogène sulfuré pour que les malades puissent utiliser les eaux avec profit.

Voici exposés, dans le tableau suivant, les résultats directs de l'analyse :

Tableau

TABLEAU I

Résultats de l'analyse par litre d'eau

SUBSTANCES TROUVÉES		ROMAINE	ZOÉ	JEAN	PIERRE	ETIENNE	THÉRÈSE
Température		12°	13°	12°	12°5	10°	8°5
Résidu à 180°		2,466	0,543	2,460	2,600	2,420	1,040
Résidu au rouge		2,306	0,483	2,198	2,434	2,194	0,886
Perte au rouge		0,160	0,060	0,262	0,166	0,226	0,154
CO^2 total		0,355	0,326	0,346	0,356	0,341	0,347
CO^2 combiné		0,0921	0,1616	0,0936	0,0191	0,1674	0,2870
CO^2 libre		0,2629	0,1644	0,2524	0,3369	0,1736	0,0600
Hydrogène sulfuré	(1)	0,0216	0,00107	0,0254	0,0360	0,0103	0,00008
	(2)	0,0392	—	0,0118	0,0602	0,0067	0,0173
Acide hyposulfureux		0,0071	0,00106	0,0035	0,0044	0,0044	0,00106
Acide sulfurique		1,4397	0,2096	1,4643	1,5838	1,4139	0,3681
Acide azotique		—	—	—	—	—	Traces
Acide phosphorique		—	—	—	—	Traces	Traces
Chlore		0,0098	0,0039	0,0187	0,0069	0,0138	0,0470
Silice (SiO^2)		0,0490	0,0160	0,0340	0,0180	0,0420	0,0160
Lithine		Traces	—	Traces	Traces	Traces	Traces
Soude (Na^2O)		0,0171	0,0127	0,0229	0,0191	0,0587	0,0859
Potasse (K^2O)		0,0048	0,00195	0,0062	0,0050	0,0058	0,0112
Magnésie (MgO)		0,0692	0,0169	0,0868	0,0700	0,0785	0,0306
Chaux (CaO)		0,7756	0,1893	0,7638	0,8053	0,7582	0,3022
Oxyd. fer et alumine ($Fe^2O^3 + Al^2O^3$)		0,0090	0,0040	0,0180	0,0060	0,0060	0,0090
Manganèse		—	—	—	—	—	Traces

(1) Dosage du 23 janvier 1905.
(2) Dosage du 20 juin 1905.

Si nous combinons ces différents éléments d'après leur affinité relative, en tenant compte toutefois de la plus ou moins grande solubilité des sels formés, nous obtenoos le groupement hypothétique suivant :

TABLEAU II

Groupement hypothétique

Un litre d'eau minérale contient :	ROMAINE	ZOÉ	JEAN	PIERRE	ETIENNE	THÉRÈSE
CO^2 des bicarbonates.	0,0921	0,1616	0,0936	0,0191	0,1674	0,2870
CO^2 libre	0,2629	0,1644	0,2524	0,3369	0,1736	0,0600
Hydrogène sulfuré	0,0216	0,00107	0,0254	0,0360	0,0103	0,00008
	0,0392	—	0,0118	0,0602	0,0067	0,0173
Hyposulfite de soude.	0,0098	0,0015	0,0049	0,0061	0,0061	0,0015
Bicarbonate de chaux	0,1649	0,2956	0,1634	0,0324	0,3055	0,5238
Bicarbonate de fer	0,0050	0,0022	0,0100	0,0033	0,0033	0,0050
Sulfate de soude	0,0181	0,0229	0,0199	0,0318	0,1099	0,1181
Sulfate de magnésie	0,2076	0,0507	0,2604	0,2100	0,2355	0,0918
Sulfate de chaux	1,7454	0,2115	1,7180	1,9289	1,5900	0,2939
Chlorure de sodium	0,0102	0,0039	0,0232	0,0053	0,0156	0,0636
Chlorure de potassium	0,0076	0,0031	0,0098	0,0079	0,0092	0,0177
Silice	0,0490	0,0160	0,0340	0,0180	0,0420	0,0160
Alumine	0,0045	0,0020	0,0090	0,0030	0,0030	0,0045
Manganèse	—	—	—	—	—	Traces
Lithine.	Traces	—	Traces	Traces	Traces	Traces
Nitrates	—	—	—	—	—	Traces
Phosphates	—	—	—	—	Traces	Traces
Matière organique	0,1600	0,0600	0,2620	0,1660	0,2260	0,1540

De l'ensemble de ces résultats, en supposant les sels hydratés, nous pensons pouvoir conclure que chaque source a la constitution ci-dessous :

TABLEAU III

Groupement hypothétique, en supposant les sels hydratés

Un litre d'eau minérale contient :	ROMAINE	ZOÉ	JEAN	PIERRE	ETIENNE	THÉRÈSE
CO^2 des bicarbonates	0,0921	0,1616	0,0936	0,0191	0,1674	0,2870
CO^2 libre	0,2629	0,1644	0,2524	0,3369	0,1736	0,0600
Hydrogène sulfuré (H^2S)	0,0216	0,00107	0,0254	0,0360	0,0103	0,00008
	0,0392	—	0,0118	0,0602	0,0067	0,0173
Hyposulfite de soude ($S^2O^3Na^2, 5H^2O$)	0,0154	0,0023	0,0077	0,0096	0,0096	0,0023
Bicarbonate de chaux ($[CO^3]^2CaH^2$)	0,1649	0,2956	0,1634	0,0324	0,3055	0,5238
Bicarbonate de fer ($[CO^3]^2FeH^2$)	0,0050	0,0022	0,0100	0,0033	0,0033	0,0050
Sulfate de soude ($SO^4Na^2, 10H^2O$)	0,0410	0,0519	0,0451	0,0721	0,2492	0,2618
Sulfate de magnésie ($SO^4Mg, 7H^2O$)	0,4454	0,1087	0,5586	0,4505	0,5052	0,1968
Sulfate de chaux ($SO^4Ca, 2H^2O$)	2,2074	0,2675	2,1727	2,4396	2,0109	0,3717
Chlorure de sodium (NaCl)	0,0102	0,0039	0,0232	0,0053	0,0156	0,0636
Chlorure de potassium (KCl)	0,0076	0,0031	0,0098	0,0079	0,0092	0,0177
Silice (SiO^2)	0,0490	0,0160	0,0340	0,0180	0,0420	0,0160
Alumine (Al^2O^3)	0,0045	0,0020	0,0090	0,0030	0,0030	0,0045
Manganèse	—	—	—	—	—	Traces
Lithine	Traces	—	Traces	Traces	Traces	Traces
Nitrates	—	—	—	—	—	Traces
Phosphates	—	—	—	—	Traces	Traces
Matière organique	0,1600	0,0600	0,2620	0,1660	0,2260	0,1540
Minéralisation totale	3 g. 3949	0 g. 9786	3 g. 5733	3 g. 5806	3 g. 5634	1 g. 6772

De ces résultats il ressort bien que les *eaux des Fumades* sont des *eaux sulfureuses accidentelles* ; la présence d'une quantité considérable de sulfate de chaux dans leur minéralisation d'une part, et d'autre part, leur forte teneur en matières organiques permettent bien de supposer que l'hydrogène sulfuré provient de la réduction du sulfate sous l'influence de ces matières organiques (vivantes ou non).

Par quel mécanisme et dans quelle assise spéciale du sol cette réaction s'opère-t-elle ? C'est ce que des recherches géologiques approfondies seules pourraient établir.

Toujours est-il que d'après la constitution de ces eaux, étant donnés les éléments signalés (SO^4Ca et matières organiques) l'origine de l'hydrogène sulfuré que nous venons d'indiquer ne paraît pas faire de doute.

Mais si les *eaux des Fumades* sont des *eaux sulfureuses accidentelles* il n'en résulte pas moins de nos analyses *qu'elles ne peuvent être classées parmi les eaux sulfurées calciques accidentelles*. En effet, malgré les recherches les plus laborieuses, il ne nous a pas été possible de déceler dans ces eaux *la moindre trace d'hydrogène sulfuré combiné*. Cette caractéristique établit une différence très marquée et très nette entre ces eaux et les *eaux sulfurées calciques accidentelles*.

A notre avis les eaux des Fumades devraient constituer un groupe à part dans les eaux sulfurées accidentelles : celui des eaux sulfurées accidentelles à hydrogène sulfuré libre.

Essayons maintenant d'établir une comparaison entre nos analyses et celles de Béchamp pour les puits *Thérèse* et *Etienne*, c'est-à-dire pour les deux seules sources respectivement examinées par cet auteur et par nous.

Au point de vue qualitatif nous constaterons de suite que ces eaux ont conservé les mêmes principes minéralisateurs, mais tandis que la source *Etienne* est restée, à peu de chose près, identique à elle-même, bien au contraire, la source

Thérèse a perdu depuis les travaux de Béchamp environ un tiers de sa minéralisation totale. (Nous avons d'ailleurs indiqué en temps voulu que son débit avait bien baissé.)

Cependant la sulfuration a diminué dans de fortes proportions dans chacune de ces sources. Les dosages nous ont montré qu'elles ont passé (en prenant les résultats forts des dernières analyses) de 0 gr. 0415 (analyse Béchamp) à 0 gr. 0173 (anal. 20 juin 1905) pour la source *Thérèse* et de 0 gr. 0973 (an. Béchamp) à 0 gr. 0103 (an. 20 juin 1905) pour la source *Etienne*.

Nous nous empressons de faire remarquer que cette diminution n'enlève rien de la valeur des *eaux des Fumades*, puisque nous avons retrouvé dans quelques sources (*Pierre*, *Romaine*, *Jean*) une quantité très respectable d'hydrogène sulfuré comparable à celle donnée par Béchamp pour les sources *Thérèse* et *Etienne*.

En ce qui concerne la minéralisation totale des sources *Pierre*, *Romaine* et *Jean* nous ajouterons qu'elle ne s'écarte pas sensiblement des chiffres donnés par le même auteur dans ses analyses de 1868.

En résumé, on peut dire néanmoins que les *eaux des Fumades* ont conservé les mêmes principes minéralisateurs depuis les travaux de Béchamp. Ces principes existent à quelque chose près dans les mêmes proportions, dans les eaux actuelles, *exception faite toutefois pour l'hydrogène sulfuré qui paraît avoir diminué dans de fortes proportions pour les sources Thérèse et Etienne* ; ces eaux paraissent avoir cédé de leur sulfuration aux sources de formations plus récentes. Ajoutons enfin que la minéralisation totale de la source *Thérèse*, peut-être pour le même motif, a subi une très forte diminution depuis la première analyse.

Comparons enfin les *eaux des Fumades* avec les principales eaux similaires françaises et étrangères.

EAUX DES FUMADES (Analyses des 23 janvier et 20 juin 1905)						EAUX FRANÇAISES DIVERSES							EAUX ÉTRANGÈRES		
Source Pierre	Source Romaine	Source Jean	Source Thérèse	Source Etienne	Source Zoé	Aix (Savoie)	Enghien Seine-et-Oise	Allevard (Isère)	Uriage (Isère)	Bagnols (Lozère)	Euzet (Gard)	Weilbach (Nassau)	Eilsen (Allemagne)	Schinznach (Argovie)	
H_2S libre	H S libre	H_2 S libre	H_2 S libre	H_2 S libre	H_2 S libre	H_2 S libre	H_2 S libre	H_2 S libre	H_2 S libre	H_2 S libre	H_2 S libre	H_2 S libre	H_2 S libre	H_2 S libre	
0,0602	0,0392	0,0254	0,0173	0,0103	0,0010	0,0413	0,0463	0,0381	0,0101	0,0027	0,0047	0,1387	0,1161	0,0978	

D'après ce tableau, les *eaux des Fumades* sont, de toutes les eaux sulfureuses françaises, les plus riches en hydrogène sulfuré libre ; elles sont surpassées toutefois par quelques eaux sulfureuses étrangères. Elles possèdent, valeur inestimable, une gamme de sulfuration qui permettra au praticien de modifier à volonté le mode de traitement, suivant la nature, le degré ou la forme de la maladie et la plus ou moins grande tolérance que présenteront les divers sujets soumis à la médication sulfhydrique.

TROISIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Pour toutes les sources étudiées au point de vue chimique, nous nous sommes occupés de la flore bactérienne.

Divers ensemencements ont été faits sur plaques de gélatine à 20°, et sur plaques de gélose à 37°. Nous avons fait aussi des ensemencements en anaérobie sur plaques de gélatine dans des boîtes de Dreuw (1).

Les colonies se développent rapidement ; à leur apparition elles sont soigneusement notées et les liquéfiantes sont enlevées avec précaution au moyen de pipettes stérilisées.

---

(1) Ce sont des boîtes en verre de même forme que celles de Petri, avec cette différence qu'elles portent une rainure intérieure dans laquelle on introduit, de suite après l'ensemencement, de l'acide pyrogallique et une dissolution de potasse. Ce mélange a pour but de priver d'oxygène l'atmosphère de la boîte. On ferme ensuite hermétiquement au moyen d'une bande de toile gommée recouverte par une deuxième bande en caoutchoux. Dreuw, *Vereinfachtes anaërobes Plattenverfahren.* Centr. f. Backt, t. XXXVI, 26 août 1904, pp. 748-749.

Numération des germes

Le dixième jour la quantité moyenne des colonies aérobies, liquéfiantes, non liquéfiantes et des moisissures, apparues sur gélatine et gélose nutritives, a été pour chaque source et par centimètre cube d'eau de :

95	colonies pour la source		*Romaine*
90	—	—	*Jean*
80	—	—	*Pierre*
60	—	—	*Etienne*
50	—	—	*Thérèse*
0	—	—	*Zoé*

Remarquons de suite que la source jaillissante *Zoé* ne contient aucun germe. Cette qualité est très intéressante à observer à cause de l'empressement que manifestent les baigneurs à fréquenter cette source et à en faire même leur eau de table préférée.

D'après leur teneur en microbes, Miquel classe les eaux de la façon suivante :

Eau excessivement pure.	de	0 à 10	par cent. cube.
— très pure	de	10 à 100	—
— pure	de	100 à 1.000	—
— médiocre	de	1.000 à 10.000	—
— impure	de	10.000 à 100.000	—
— très impure . . .	de	100.000 et au-delà	—

D'autre part, Macé, propose un classement plus rigoureux :

Eau très pure	de	0 à 20	par cent. cube.
— très bonne. . . .	de	20 à 100	—
— bonne	de	100 à 200	—
— médiocre	de	200 à 500	—
— mauvaise	de	500 à 1.000	—
— très mauvaise . .	de	1.000 à 10.000	—

Bien écourté serait ce travail si nous nous en tenions à ce résultat sommaire, puisque *a priori* nous pourrions classer ces eaux comme *très pures* d'après Miquel, ou *très bonnes* d'après Macé.

Mais nous savons que la qualité d'une eau dépend à la fois de la nature et de la quantité de ses microbes ; aussi, outre la numération, avons-nous soigneusement observé les aspects particuliers que prenaient les colonies dans leur développement et sommes-nous arrivé, par des ensemencements répétés à la diagnose des espèces.

En général, nous avons retrouvé les mêmes colonies pour chaque source. Nous en avons isolé *sept* sur divers milieux de culture solides et liquides : gélatine, gélose, pomme de terre, albumine de l'œuf, bouillon, lait et milieu Grimbert (peptone lactosée et tournesolée).

Nous allons indiquer les caractères de chacune sur ces différents milieux.

Nous les avons primitivement désignées par les sept premières lettres de l'alphabet : A. B. C. D. E. F. G.

Tableau

TABLEAU

donnant les principaux caractères qui différencient les microbes des eaux des Fumades

Coccus	ne liquéfiant pas la gélatine	blanc	prenant le gram	A
		chromogène	ne prenant pas le gram	B
	liquéfiant la gélatine	chromogène	prenant le gram	C
Bacilles	ne liquéfiant pas la gélatine	chromogène	prenant le gram	D
	liquéfiant la gélatine	blanc	ne prenant pas le gram	E
		chromogènes	ne prenant pas le gram	F
			prenant le gram	G

Planche I

Fig. 1

Fig. 2

A. — Cultures sur milieux solides

Sur gélatine : plaque, piqûre. — Petites colonies blanches, glacées ; arrondies au début elles donnent ensuite une petite rosette à quatre feuilles. Ne liquéfient pas la gélatine.

En piqûre, les colonies se développent rapidement en surface. Le quatrième jour elles affectent la forme d'une rosette (pl. I, fig. 2), comme sur plaque et peu à peu elles gagnent les parois du tube pour former ensuite une masse unie recouvrant complètement la gélatine. Au-dessous, le long de l'axe de la piqûre, il ne se développe rien, si ce n'est quelques petites pointes qui rayonnent autour de lui.

Sur gélose. — Au début, formation de petites colonies blanches glacées au nombre de huit à neuf (pl. I, fig. 1). Elles cultivent plus lentement que sur gélatine, mais elles donnent exactement les mêmes caractères. Les petites rosettes ne se montrent que vers le trentième jour. L'odeur dégagée est celle du fromage.

Sur pomme de terre. — Cultive mal sur pomme de terre.

Sur albumine de l'œuf.— Petite traînée blanche, muqueuse, limitée à la strie.

Cultures sur milieux liquides

Sur bouillon. — Trouble léger du troisième au quatrième jour, tandis qu'à la surface il se forme une pellicule blanche très fine. Dépôt blanc peu abondant au fond du tube. Mêmes caractères les jours suivants.

Sur lait. — Il n'est pas décomposé.

Sur milieu Grimbert. — Réaction acide, très nette. Pas de voile.

Examen microscopique. — Gros micrococcus ayant 1 μ de diamètre, assemblés souvent par paire ou par trois et parfois même groupés en staphylocoques. Prennent le gram.

Ces microcoques présentent tous les caractères du *M. rosettaceus* de Zimmermann (1).

B. — Cultures sur milieux solides

Sur gélatine, plaque, piqûre. — Sur plaque les colonies apparaissent le deuxième jour. Elles sont jaune pâle, circulaires avec un point central blanc. Quelques jours après elles atteignent huit à dix millimètres de diamètre avec un demi-millimètre d'épaisseur. Elles deviennent ensuite dentelées sur les bords. L'ensemencement en piqûre donne des colonies douze heures après. Le cinquième jour elles sont bien développées à la surface de la gélatine, de couleur blanc-jaunâtre avec point central blanc. Glacées au début, elles deviennent ensuite mates en se desséchant et elles présentent alors des parties soulevées qui leur donnent l'aspect de petites granulations accolées les unes aux autres. Au-dessous, le canal de la piqûre fonce et devient brun au bout de quelque temps.

Ces colonies donnent parfois des bulles gazeuses.

---

(1) Zimmermann. — *Die Bakterien unserer Trink and nutzwasser chemnitz*, 1890.

Sur gélose. — Semé par strie, ce microbe pousse abondamment. Les colonies sont circuses, blanc-crème, très développées et assez épaisses. Plus tard elles changent de couleur, passent au jaune-brun et dégagent une forte odeur de corne brûlée.

Sur pomme de terre. — Ce microbe donne un pigment jaune-citron. Les colonies sont glacées. Elles envahissent la pomme de terre et deviennent ensuite granuleuses.

Sur albumine de l'œuf. — Ne donne rien sur ce milieu.

Cultures sur milieux liquides

Sur bouillon. — Il trouble rapidement avec formation d'un voile mince et dépôt blanc au fond.

Sur lait. — Coagulation au bout de quinze jours.

Sur milieu Grimbert. — Réaction acide très faible. Pas de voile.

Examen microscopique. — Coccus très mobiles, ayant 1 μ de diamètre. Assemblés quelquefois deux par deux. Ce microbe se colore difficilement. Ne prend pas le gram.

Par ses caractères, il se rapproche du *M. citreus* décrit par Tils (1).

---

(1) Tils. — *Zeitschrift für Hygiene*, 1890, IX, p. 300.

C. — Cultures sur milieux solides

Sur gélatine, plaque, piqûre. — Sur plaque il se forme de petites colonies jaunes ayant l'aspect de perles. Elles liquéfient rapidement la gélatine autour d'elles et la liquéfaction envahit successivement la totalité de la plaque. Piquées, elles apparaissent dès le deuxième jour le long de la piqûre. Le huitième jour il se forme une cupule de liquéfaction qui gagne rapidement le fond du tube, mais les bords supérieurs de cette cupule ne s'étendent pas jusqu'aux parois du tube. Dans le canal formé se dépose une substance granuleuse, jaunâtre. Il se dégage une forte odeur, ammoniacale.

Sur gélose. — Dès le deuxième jour, à 22°, apparition de colonies *jaunes* le long de la strie. Elles envahissent rapidement la gélose et deviennent *rose chair* le sixième jour. Huit jours plus tard, elles sont *jaune or* (pl. II, fig. 1 et 2).

Cultivées à 37°, ces colonies ne donnent pas de coloration.

Sur pomme de terre. — Le deuxième jour il se développe le long de la strie un enduit épais de couleur *jaune d'or* (pl. II, fig. 3), qui envahit rapidement la pomme.

Sur albumine de l'œuf. — Dès le premier jour couche muqueuse jaune le long de la strie, se développant très peu dans la suite.

Cultures sur milieux liquides

Sur bouillon. — Il reste clair les premiers jours, puis se trouble. Le quinzième jour apparaît un voile *blanc* qui devient *rosé* et tombe par fragments au fond du tube.

Planche II

Fig. 1

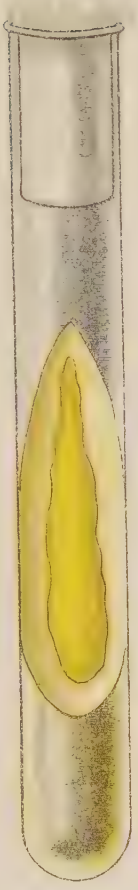


Fig. 2

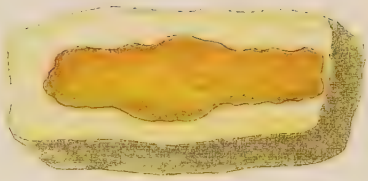


Fig. 3

Sur lait. — Il jaunit. Pas de coagulation.

Sur milieu Grimbert. — Réaction nettement acide. Pas de voile.

Examen microscopique. — Gros microcoques ayant de 1 μ 5 à 2 μ de diamètre, d'une mobilité extrême. Se groupent en diplocoques ou bien forment quelquefois des amas en staphylocoques ou réunis en chaînettes de 4 articles et même plus. Ils fixent bien les colorants et prennent le gram.

A part la variété de coloration suivant l'âge et la température, ce microbe présente les caractères du *M. flavus liquefaciens* de Flugge (1).

D — Cultures sur milieux solides

Sur gélatine, piqûre. — A la surface la culture s'étale en un disque blanc à contours irréguliers dont la couleur primitivement blanche, passe au jaune citron. Le long de la piqûre il ne se développe rien. Pas de liquéfaction.

Sur gélose, plaque, strie. — Les colonies sur plaque sont blanc-jaunâtre, circulaires, de trois à quatre millimètres de diamètre. La partie centrale est plus épaisse et moins jaune. En strie elles présentent tout d'abord un enduit blanc, glacé, très fin, à contours irréguliers. Cet enduit sèche ensuite et devient couleur de la gélose. Odeur de corne brûlée.

Sur pomme de terre. — La culture forme une strie mince, jaune-citron, qui brunit en vieillissant.

---

(1) Flügge. — *Die mikroorganismen,* 1896, II, p. 178.

Sur albumine de l'œuf. — Vers le huitième jour l'ensemencement produit une raie jaune très fine.

Cultures sur milieux liquides

Sur bouillon. — Apparition d'une opalescence légère qui se concentre à la surface ; la culture reste peu abondante et par suite il se forme un précipité blanc très fin. Au bout de quelque temps le bouillon présente par réfraction des reflets verdâtres.

Sur lait. — Pas de développement.

Sur milieu Grimbert. — Réaction alcaline. Pas de voile.

Examen microscopique. — Gros bacille, peu mobile, à extrémités arrondies, ayant de 5 à 6 μ de long sur 1 μ de large. Souvent isolé, parfois filamenteux. Il présente des granulations métachromatiques qui seules résistent au gram.

Par ses caractères, ce bacille présente de très grandes affinités avec le *Bacillus aureus*, décrit par Thommasoli et Unna (1), et que ces auteurs ont aussi trouvé dans certaines eaux.

E — Cultures sur milieux solides

Sur gélatine, plaque, piqûre. — Les colonies isolées sont arrondies, blanches, entourées d'une auréole claire. Il se pro-

---

(1) Thommasoli et Unna — *Monatshefte für prakt. Dermatologie*, IX, p. 57.

duit bientôt une liquéfaction annulaire montrant un contenu blanchâtre, très homogène.

La piqûre donne une culture granuleuse le long du canal dès le deuxième jour. Vers le quatrième, il se forme un entonnoir de liquéfaction dont l'évasement est limité aux parois du tube. La partie liquéfiée est louche, opalescente et elle laisse déposer au fond de l'entonnoir une substance granuleuse blanche. La liquéfaction gagne *tardivement* le fond du tube.

Sur gélose. — Ce microbe cultive difficilement sur ce milieu à 37°. La strie de l'ensemencement est blanche, peu accentuée, plus tard elle devient crème.

Sur pomme de terre. — Traînée blanc-jaunâtre limitée aux stries d'inoculations.

Sur albumine de l'œuf. — Même culture que sur gélose.

Cultures sur milieux liquides

Sur bouillon. — Trouble léger le premier jour. Par la suite il se produit un dépôt léger, floconneux à la surface et au fond du liquide. Le bouillon est toujours un peu trouble et conserve tout le temps la même coloration.

Sur lait. — Pas de réaction apparente.

Sur milieu Grimbert. — Donne une réaction acide faible du dixième au douzième jour avec un dépôt au fond, et un beau voile violet à la surface du liquide.

Examen microscopique. — Cocco-bacilles ronds un peu allongés ayant 1 μ de long sur 0,8 μ de large, seuls ou groupés en diplocoques ou en chaînettes. Mobilité très grande, se colorent très bien par le violet de gentiane et le krystall violet. Se décolorent par la méthode de Gram. Nous avons appelé ce microbe : *Bacillus albus liquefaciens*, parce qu'il se rapproche du *Bacillus albus* de Eisenberg (1), avec cette seule différence qu'il a un pouvoir liquéfiant.

F. — Cultures sur milieux solides

Sur gélatine, plaque, strie. — Petites colonies blanc-jaunâtre arrondies, glacées, ayant l'aspect de perles de 1 mm. de diamètre. Le deuxième jour elles commencent à liquéfier la gélatine en formant dans le liquide un dépôt pulvérulent teinté en vert. A partir de ce moment, l'observation devient très difficile. Il se dégage une odeur de choux pourris.

La piqûre présente le premier jour une cupule de liquéfaction qui atteint bientôt les parois du tube. Il se forme un entonnoir avec substance blanche grumeleuse dans le fond. La partie liquéfiée, d'abord trouble et blanchâtre, prend ensuite une belle teinte verte, fluorescente, quelquefois plus ou moins atténuée. Il se produit assez souvent des bulles gazeuses dans la masse de la gélatine avec formation à la surface de la partie liquéfiée d'un beau voile blanc qui n'apparaît que vers le trentième jour.

Sur gélose. — Le développement est rapide. Dès le premier jour l'enduit est *blanc*. Il devient ensuite *rosé* en certains

(1) Eisenberg. — *Bakteriologische Diagnostik*, 3e ed. 1891. p. 171.

Planche III

Fig. 1

Fig. 2

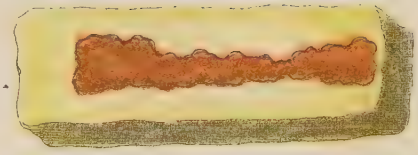


Fig. 3

points et surtout sur la ligne médiane, qui prend une teinte *rose* plus accusée (pl. III, fig. 1) (1).

Nous n'avons jamais eu de fluorescence sur le milieu.

Sur pomme de terre. — Les colonies apparaissent vingt-quatre heures après l'ensemencement. Elles s'étalent bientôt sur la pomme dont elles ont la même couleur *grisâtre* et d'aspect luisant. Elles ne tardent pas à s'épaissir et prennent alors une coloration *rose chair*. Par dessication elles deviennent mates et forment de nombreuses granulations *rougeâtres* (pl. III, fig. 3).

Sur albumine de l'œuf. — Les colonies sont peu appréciables. Le milieu se colore en vert.

Cultures sur milieux liquides

Sur bouillon. — Le bouillon se trouble quelques heures après l'ensemencement et il se forme peu après un beau voile blanc fin, uni, avec une léger dépôt blanc au fond du tube. Le liquide devient bientôt fluorescent à la partie supérieure tandis que la partie inférieure ne change pas. Vers le quinzième jour, le voile s'épaissit et se ride dans tous les sens (pl. III, fig. 2).

A 37°, la fluorescence ne se produit pas.

Sur lait. — Pas de coagulation.

---

(1) Cette coloration tardive des microbes d'une culture, coloration qui atteint les colonies du centre et par conséquent les microbes les plus âgés, à déjà été signalée et soigneusement décrite par Gaucher (*Sur quelques bactéries chromogènes isolées d'une eau de source*. Centralbl. f. Bakt., avril 1904).

Sur milieu Grimbert. — Réaction alcaline avec formation d'un beau voile bleu.

Examen microscopique. — Gros bacille à extrémités arrondies. Il mesure 4 à 5 μ de long sur 1 μ de large. D'une mobilité extrême, ce qui lui donne quelquefois la forme d'haltères par les contractions qu'il affecte dans ses mouvements. Il parcourt avec rapidité le champ de la préparation. Il se colore assez bien, surtout aux pôles, où il présente des granulations métachromatiques. Il ne prend pas le gram.

Inoculations

Ce microbe se rapproche sur plusieurs points du *B. fluorescens liquefaciens* de Flugge et d'une bactérie signalée en 1894 dans les eaux de Montpellier par A. Ducamp et L. Planchon (1). Afin de nous renseigner plus exactement sur sa nature, nous avons procédé à l'expérimentation physiologique en inoculant des cultures au lapin, au cobaye et à la souris.

Nous avons fait deux séries d'inoculations : la première avec un bouillon de culture de deux jours, la seconde avec un bouillon de culture de huit jours.

Le lapin a reçu 1 cc. de bouillon dans la veine marginale de l'oreille. Le cobaye a reçu cette même quantité dans la cavité péritonéale. Quant à la souris, nous lui avons fait, comme d'habitude, une inoculation à la base de la queue.

Ces trois animaux ont très bien supporté ces inoculations. Ce microbe n'est donc pas pathogène. Ce caractère, ajouté aux caractères des cultures et aux données microscopiques,

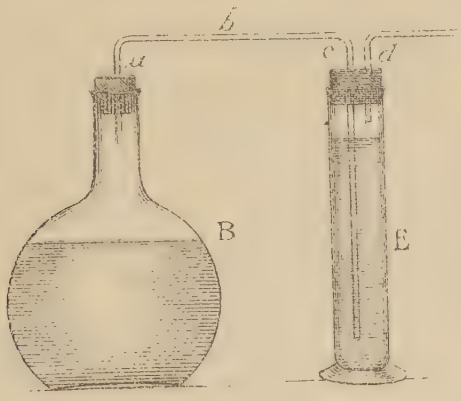
(1) *C. R. Soc. Biol.*, 17 mars 1894.

prouve que nous avons bien affaire au *Bacillus fluorescens liquefaciens* de Flugge (1).

Ce microbe présentant des bulles gazeuses dans la culture sur gélatine, nous nous sommes demandé s'il ne jouerait pas un rôle dans la production du gaz sulfhydrique. Pour nous en assurer, nous nous sommes servi du petit appareil que nous reproduisons ci-après.

Cet appareil se compose d'un ballon B et d'une éprouvette E communiquant par un tube deux fois recourbé *a b c*.

La tige *a* s'arrête juste au-dessous du bouchon du ballon, tandis que la tige *c* descend jusqu'au fond de l'éprouvette. Un second tube *d*, met l'éprouvette en contact avec l'atmosphère.



Le ballon B contient 250 cc. de bouillon de culture additionné de sulfate de chaux pur.

L'éprouvette E contient une solution de sous-acétate de

(1) Flügge. — *Die Mikroorg.*, p. 289, éd. de 1886 et p, 292, II, éd. de 1896.

plomb. Si notre microbe réduit le sulfate, il y aura nécessairement formation d'hydrogène sulfuré. Ce gaz gagnera la partie supérieure du ballon, passera par le tube *a b c* et viendra barbotter en E. Dans ces conditions, la solution plombique noircira par formation de sulfure de plomb.

Or, le résultat de l'expérience a été négatif ; le sulfate de chaux n'a pas été réduit. Ce microbe n'a donc pas d'action sur le sulfate de chaux et doit être étranger à tout phénomène chimique dans la production de l'hydrogène sulfuré des *eaux des Fumades*.

G (1). — Cultures sur milieux solides

Sur gélatine, plaque, piqûre. — Sur plaque, formation de colonies blanc-crème, sphériques, liquéfiantes ; très épaisses à la partie centrale, elles vont en s'amincissant sur les bords.

Piquées, elles donnent des colonies superficielles à contours irréguliers et une strie blanche dans le canal de la piqûre du second au troisième jour, apparaît une cupule de liquéfaction renfermant un liquide trouble qui laisse déposer des flocons de couleur blanchâtre.

Sur gélose. — Les colonies se développent rapidement. Elles forment une couche muqueuse grisâtre qui se dessèche ensuite, brunit et donne de nombreux tubercules plus clairs. L'odeur est ammoniacale.

Sur pomme de terre. — Colonies abondantes formant un enduit de couleur chair.

---

(1) Microbe isolé sur boîte de Dreuw.

Sur albumine de l'œuf. — Petit sillon jaune-citron le long de la strie, devenant brun avec fluorescence verte de toute la masse.

Cultures sur milieux liquides

Sur bouillon. - Il devient trouble vingt-quatre heures après l'ensemencement avec production d'un voile blanc, mince, qui se détache par fragments et donne un dépôt au fond du tube. Le bouillon ensuite redevient clair.

Sur lait. — Coagulation incomplète, fluorescence de la masse.

Sur milieu Grimbert. — Réaction acide avec formation d'un voile à la surface et dépôt au fond du liquide.

Examen microscopique. — Bacilles aérobies facultatifs nombreux, mobiles, de dimensions et de forme variables, allant du cocco-bacille jusqu'au vrai bâtonnet, ayant de 3 à 8 μ de long sur 2 à 3 μ de large. Quelquefois très ramassés sur eux-mêmes, avec granulations métachromatiques condensées aux extrémités, de telle sorte que leur partie moyenne apparaît comme une bande claire séparant les deux bouts. Par la méthode de Gram, les granulations métachromatiques restent colorées, tandis que la partie centrale se décolore.

Les vieilles cultures présentent des formes d'involution, ce sont : 1° soit des *fuseaux* isolés ou disposés en chaînettes, et dans ce cas ils sont réunis les uns aux autres par des parties très amincies ; 2° soit des gros *filaments* cylindriques plus

ou moins contournés sur eux-mêmes. Ces différents caractères rapprochent ce microbe du *B. subtilis* de Cohn (1).

Algues. — Au cours de cette étude, nous avons signalé la présence, au point d'émergence de la source *Zoé*, d'une *masse gluante blanche* très longtemps considérée comme une substance organique, sans vie, et appelée suivant les auteurs *barégine* ou *glairine*.

Nous avons fait remarquer que cette substance, très abondante dans la source *Zoé*, ne paraissait pas se produire dans les puits des autres sources. L'examen microscopique nous a montré qu'elle est composée de filaments à bords bien limités, dont quelques-uns sont fins et incolores et d'autres, au contraire, plus épais et verdâtres.

Ces filaments sont animés de mouvements ondulatoires et présentent à l'intérieur des cellules, des granulations de soufre, très réfringentes.

Cramer (2), le premier, avait découvert ces granules de soufre dans le protoplasma de certains algues : les *Thiothrix* et les *Beggiatoa*.

C'est bien à des algues de même nature que nous avons affaire ici, à ces organismes que Winogradsky (3) a appelés

---

(1) Cohn. — *Beiträge zur Biologie der Pfanzen*, 1872, I, p. 175.

(2) Ch. Muller. — *Chem. phys. Beschreib. d. Thermen*, v. Baden, 1870.

(3) Winogradsky. — *Sur les bactéries des eaux sulfureuses*, Bot. Zeitung, 1887.

sulfobactéries, étant donné le rôle important joué par le soufre dans leur processus vital.

De près ou de loin ces algues jouent-elles un rôle dans la production d'hydrogène sulfuré ?

Cette question, qui a intéressé de nombreux savants, paraît avoir été résolue d'une manière définitive par Winogradsky. Cet auteur a montré que les *sulfobactéries* vivent dans les eaux sulfureuses et que le soufre est indispensable à leur vitalité « sans ce soufre, dit-il, les phénomènes de nutrition et de locomotion sont arrêtés et la mort arrive fatalement », et plus loin il ajoute : « Ces *Beggiatoa* ne sauraient vivre privés d'oxygène, puisque au contact de cet élément ils oxydent l'hydrogène sulfuré et accumulent le soufre sous forme de petites granulations. Ce soufre plus tard est oxydé et passe à l'état d'acide sulfurique qui, aussitôt neutralisé par les carbonates terreux, est transformé en sulfates. » C'est donc une rotation complète de la matière qui se produit et dont nous connaissons toutes les réactions.

Poussant plus loin ses recherches, Winogradsky reconnaît que les *sulfobactéries* vivent et se multiplient dans des eaux séléniteuses renfermant des traces de substances organiques. Les bactéries anaérobies de la putréfaction réduisent le sulfate de chaux en hydrogène sulfuré ; celui-ci à son tour est oxydé par les *Beggiatoa* qui s'emparent du soufre formé.

Pour notre part, nous avons obtenu une grande production d'hydrogène sulfuré en ajoutant à un flacon d'eau distillée un excès de sulfate de chaux et quelques filaments de *Beggiatoa*. Le flacon avait été rempli, soigneusement bouché et tenu à l'obscurité. Au bout de trois mois, tout notre sulfate de chaux a été décomposé. Il est très probable que les fila-

ments ajoutés aient apporté ces bactéries anaérobies dont parle Winogradsky.

En résumé, ces algues doivent être considérées comme des hôtes complètement adaptés aux eaux sulfureuses. Elles ne produisent pas directement de l'hydrogène sulfuré, mais elles sont susceptibles, par symbiose avec les bactéries dont nous venons de parler, de contribuer à la formation de ce gaz.

CONCLUSIONS

De l'étude physico-chimique précédente, nous concluons :

1° Les *eaux des Fumades* sont des eaux froides.

2° Elles sont sulfatées calciques et magnésiennes, très peu chlorurées.

3° Alors que la plupart des ouvrages classiques les font rentrer dans le groupe des *eaux sulfurées calciques accidentelles*, *elles ne renferment en réalité pas trace de sulfure*, le soufre n'existant dans ces eaux qu'à l'état d'hydrogène sulfuré libre, d'hyposulfite et de sulfates.

Ce sont donc des eaux sulfureuses accidentelles à hydrogène sulfuré libre.

4° D'après les analyses de Béchamp, quelques sources des *Fumades* n'ont subi aucune modification au point de vue de leur richesse minérale (*Etienne*) ; d'autres ont vu leur teneur en principes diminuer (*Thérèse*), peut-être par suite de la mise à jour de nouvelles sources (*Pierre*, *Romaine*, *Jean*).

5° L'hydrogène sulfuré varie d'une source à une autre et souvent, suivant la saison, dans une même source.

6° Parmi les *eaux sulfureuses françaises*, les *eaux des Fumades* doivent être rangées dans les plus riches de cette catégorie.

7° L'emploi à la station des sources *Romaine*, *Pierre*, *Etienne* et *Thérèse* spécialement pour l'usage externe, et celui de la source *Zoé* seulement pour l'usage interne, est expliqué par la différence de leur minéralisation et de l'hydrogène sulfuré en dissolution.

8° Quelques-unes des sources non encore exploitées peuvent être introduites dans la thérapeutique au même titre que les précédentes (source *Jean* par exemple).

L'étude bactériologique nous a amené aux résultats suivants :

1° Les *eaux des Fumades* sont des *eaux très pures*, aussi bien au point de vue quantitatif qu'au point de vue qualitatif ; le seul microbe qui pourrait nous paraître suspect, le *B. fluorescens liquefaciens*, s'est montré sans action sur les animaux auxquels nous l'avons inoculé.

2° On pourra, avec juste raison, continuer à user largement de la source *Zoé*, qui s'est montrée dépourvue de tout germe.

Vu :
Montpellier, le 8 juillet 1905
Le Directeur,
G. MASSOL.

Vu bon a imprimer :
Montpellier, le 8 juillet 1905.
Le Président de la thèse :
JADIN.

Vu et permis d'imprimer :
Montpellier, le 8 juillet 1905,
Le Recteur :
Ant. BENOIST.